## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СФЕР НАУКИ И ИННОВАЦИЙ

## INSTRUMENTAL METHODS OF DIAGNOSIS OF SCIENCE AND INNOVATION

УДК 001.38 DOI: 10.33873/2686-6706.2020.15-3.331-355

# Сравнительный анализ алгоритмов формирования индекса Хирша и его модификаций

**П. В. Герасименко**

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Россия, pv39@mail.ru*

**Введение.** В статье представлен сравнительный анализ алгоритма формирования индекса Хирша и ряда его модификаций, которые либо используют идею Хирша, либо включают его алгоритм в качестве базы для построения. Актуальность исследования обусловлена существенным запросом практики по выбору более совершенного подхода оценивания эффективной публикационной деятельности ученых, разработанного на основе алгоритма Хирша. **Методы исследования.** Объектом исследования послужили следующие 7 индексов оценки научной продуктивности ученого: *h*-индекс (индекс Хирша); *g*-индекс (индекс Лео Эгга); *j*-индекс (индекс Михайлова); *gh*-индекс; *hp*-индекс; *ghp*-индекс; *w*-индекс. Основным методом исследования является анализ; в ходе работы также применялись такие формально-логические методы как синтез, классификация, дедукция, индукция. **Результаты и дискуссия.** На основе предложенных в статье количественных и качественных показателей был проведен сравнительный анализ алгоритмов формирования перечисленных индексов. Общей чертой рассмотренных алгоритмов является сохранение идеи Хирша; принципиальным отличием – уровень возможности учесть весь объем публикаций и цитирований ученого. Установлено, что только алгоритмы *gh*-, *hp*- и *ghp*-индексов позволяют учесть при оценке весь массив публикаций автора. При этом *gh*-индекс целесообразно считать индексом базовых публикаций (он устанавливает значимость работ ученого), а *hp*-индекс – индексом внебазовых публикаций, характеризующим интенсивность работы ученого. Что касается *ghp*-индекса, то к нему необходимо прибегать только в случае

равенства *gh*- или *hp*-индексов. Среди алгоритмов всех рассмотренных в статье индексов наиболее содержательно отражают научные достижения ученого алгоритмы *gh*-, *hp*- и *ghp*-индексов, но они несколько усложнены по сравнению с *h*, *g* и *j*-индексами. **Заключение.** Проведенный анализ позволит выбирать алгоритм в зависимости от степени сложности закона распределения цитирований опубликованных работ с целью достижения желаемого уровня оценки творческой деятельности ученого.

**Ключевые слова:** индекс цитирования, научная деятельность, творческая деятельность ученого, векторные компоненты, евклидова норма, *h*-индекс, индекс Хирша, модификация индекса Хирша

**Для цитирования:** Герасименко П. В. Сравнительный анализ алгоритмов формирования индекса Хирша и его модификаций // Управление наукой и наукометрия. 2020. Т. 15, № 3. С. 331–355. DOI: https://doi.org/10.33873/2686-6706.2020.15-3.331-355

# Comparative Analysis of the Algorithm for Calculating the *h*-Index and Its Modifications

**P. V. Gerasimenko**
*Emperor Alexander I St. Petersburg*
*State Transport University*
*Saint Petersburg, Russia, pv39@mail.ru*

**Introduction.** The article presents a comparative analysis of existing algorithms for calculating the *h*-index and a number of its modifications that use the same basic idea or make use of its algorithm as the starting point. What makes the study relevant is the significant demand for a better approach to assessing the publication activity of researchers over the existing *h*-index algorithm. **Methods.** The study looks at the following 7 indexes that assess a researcher's scientific output: *h*-index; *g*-index (by Leo Egghe); *j*-index (the Mikhailov index); *gh*-index; *hp*-index; *ghp*-index; *w*-index. The main method used in the study is analysis; other formal logic methods that were also used in the study include synthesis, classification, deduction, and induction. **Results and Discussion.** The quantitative and qualitative indicators proposed in the article were used to carry out the compar-ative analysis of the algorithms behind all of the aforementioned indexes. One common feature of all these algorithms is that they all rely on the basic *h*-index procedure, while the difference is the degree to which each index takes into account all the publications and citations of a specific researcher. It was established that only the algorithms used in the *gh*-, *hp*-, and *ghp*-indexes take into account the entire set of a given author's publications. Meanwhile, the *gh*-index should best be regarded as an index of basic publications (it establishes the significance of the researcher's

publications), while the *hp*-index is best viewed as a measure of the intensity of the researcher's work. As far as the *ghp*-index is concerned, it should only be used in situations in which the *gh*- or *hp*-indexes produce the same results. Amongst the algorithms for all the indexes reviewed in the article, the ones that best reflect a researcher's achievements are the *gh*-, *hp*-, and *ghp*-indexes, but they are somewhat more complex than the *h*-, *g*- и *j*-indexes. **Conclusion.** The analysis we carried out should make it possible to select the best algorithm depending on the complexity of the distribution of citations of published papers in order to achieve the desired level of assessment of a researcher's publications.

**Keywords:** citation index, research activities, creative activities of a researcher, vector components, Euclidean norm, *h*-index, Hirsh index, Hirsh index modification

**For citation:** Gerasimenko PV. Comparative Analysis of the Algorithm for Calculating the *h*-Index and Its Modifications. *Science Governance and Scientometrics*. 2020;15(3):331-355. DOI: https://doi.org/10.33873/2686-6706.2020.15-3.331-355

## *Введение / Introduction*

В настоящее время решение задач оценки научной продуктивности ученых в разных странах мира осуществляется с помощью различных систем количественных наукометрических показателей. Из числа показателей, имеющих одну алгоритмическую основу, наиболее широко известны индекс Хирша и его модификации. Несмотря на существенный недостаток индекса Хирша, который заключается в том, что его алгоритм учитывает только часть опубликованных работ автора – с наибольшим количеством цитирований – и часть их цитирований, на практике он продолжает доминировать.

Существующие модификации индекса Хирша, в частности индекс Лео Эгга и индекс Михайлова, частично устраняют этот недостаток, однако также не являются совершенными. Эффективность данных модификаций подвергается сомнению при их применении для оценки достижений ученых, имеющих большое число публикаций при малом количестве цитирований. На устранение в т. ч. этих недостатков были направлены разработанные в последние годы алгоритмы, позволяющие проводить дифференцированную оценку достижений ученых, разделяя их работы по категориям.

Разнообразие алгоритмов, применяемых на практике, и разный уровень их несовершенства требуют проведения сравнительного анализа, результаты которого позволили бы выбрать тот или иной алгоритм в качестве инструмента исследования в зависимости от характеристик конкретного объекта исследования.

Научная новизна исследования заключается в том, что автором впервые представлен сравнительный анализ алгоритма Хирша и ряда его модификаций, которые либо используют идею Хирша, либо включают алгоритм Хирша в качестве базы для построения.

В связи с этим цель исследования – провести сравнительный анализ алгоритмов индекса Хирша и ряда его модификаций на основе выделенных автором качественных и количественных сравнительных характеристик.

К поставленной цели тесно примыкает разработка подробных рекомендаций по выбору наиболее оптимального для практического применения алгоритма, однако достижение этой цели возможно только при глубоком изучении всех возможных моделей распределения цитирований по научным публикациям, что не является предметом данного исследования.

В рамках заявленной цели были решены следующие задачи:

1) выявление достоинств и недостатков алгоритмов формирования индекса Хирша и его модификаций;

2) выбор показателей сравнения рассматриваемых алгоритмов по их возможностям;

3) сравнительный анализ индекса Хирша и его модификаций с учетом выбранных показателей, выполненный на примере гипотетического распределения;

4) формулировка основных рекомендаций по возможному применению того или иного алгоритма в зависимости от цели исследователя.

В рамках проведенного анализа были выявлены общие черты и принципиальные отличия между рассмотренными алгоритмами; степень учета ими публикаций автора и их цитирований; возможность дифференцированной оценки научной продуктивности ученого и возможность оценивания индексов при заданном распределении цитирований по публикациям.

## *Обзор литературы / Literature Review*

Проблема несовершенства индекса Хирша активно обсуждается в российской и зарубежной научной литературе с момента разработки данного индекса Х. Хиршем. К настоящему времени предложено большое количество модификаций, позволяющих нивелировать тот или иной недостаток данного индекса.

Так, в работе С. Галама предложена количественная модификация, которая при расчете позволяет более корректно учесть публикации, написанные в соавторстве. Метод расчета, предлагаемый автором, основан на долевом распределении количества цитирований, в зависимости от научного вклада каждого соавтора. Такое распределение получило название Tailor Based Allocations (TBA). Значение эквивалента *h*-индекса, полученного с помощью TBA, может резко отли-

чаться от значений, полученных с помощью индекса Хирша. Данная модификация представляет собой функцию общего количества цитирований каждой статьи, что является главным ее отличием от индекса Хирша [1].

В статье А. Ван Рана приведены характеристики статистической корреляции между индексом Хирша и несколькими стандартными библиометрическими показателями. Одной из особенностей работы является то, что единицами исследования послужили не отдельные ученые, а целые исследовательские группы (всего 147 групп). Автор объясняет данное решение целесообразностью рассматривать именно исследовательскую группу как наиболее важную «рабочую единицу» в исследованиях, особенно в области естественных наук [2].

Авторами Р. Алигулиевым и Н. Адигозаловой были проанализированы индексы типа Хирша и предложены два новых индекса: $h_t$-индекс и $A_t$-индекс. Данные индексы дают возможность учесть при расчете часть публикаций, не вошедших в индекс Хирша. Была проведена апробация на выборке 30 исследователей в области интеллектуального анализа данных; результаты показали, что если *h*-index и *A*-index у исследователей совпадают, то их публикационную активность можно сравнивать с помощью предложенных модификаций [3].

В исследовании Л. Борманна и соавт. представлены результаты анализа эмпирических данных, полученных с помощью индекса Хирша и его наиболее распространенных модификаций. Результаты факторного анализа с использованием библиографических данных об исследователях, получивших докторскую степень в области биомедицины, показывают, что существует два основных типа модификаций индекса Хирша: 1) модификации, описывающие наиболее «продуктивное ядро» (productive core) публикационной активности ученого и позволяющее вычислить количество статей в этом ядре; 2) модификации, описывающие импакт-фактор статей в «продуктивном ядре». Авторами был проведен логистический регрессионный анализ с двумя факторами, полученными в результате факторного анализа, как независимыми переменными, и экспертной оценкой ученых, получивших докторскую степень, в качестве зависимой переменной. Результаты данного анализа показали, что более эффективными являются модификации второго типа [4].

В работе Дж. Каптая предложено заменить *h*-индекс на разработанный автором *k*-индекс, который рассчитывается на основе части цитирований всех публикаций ученого. Главной особенностью индекса является то, что из расчета исключается самоцитирование, поскольку, по мнению автора, оно не может рассматриваться как показатель высокого качества статьи или авторитетности ее авторов. *K*-индекс определяется как квадратный корень из суммы таких «независимых» цитирований. Достоинством *k*-индекса, по мнению автора, является отсутствие искажений вследствие влияния того или иного типа рас-

пределения цитирований работ ученого, самоцитирования или результатов работы других соавторов [5].

Существующие математические модели индекса Хирша подробно описаны в работе венгерских исследователей А. Шуберта и Г. Шуберта [6]. В данной публикации представлен также обширный обзор научной литературы по теме исследования.

По мнению С. Аяза и Н. Масуда, одним из аспектов оценки публикационной активности, требующих особого внимания, является определение способностей выдающихся ученых в той или иной области исследования. В статье приведены результаты сравнительного анализа эффективности индекса Хирша с этой точки зрения и его последних по времени модификаций. Была выявлена низкая корреляция индекса Хирша с данными модификациями, что, согласно заключению авторов, свидетельствует о большей их объективности при выявлении выдающихся ученых, по сравнению с *h*-индексом [7].

В процессе анализа научной литературы по тематике исследования был выявлен проблемный вопрос, касающийся применения индекса Хирша для оценки не только деятельности отдельных ученых, но и организаций. Например, в статье А. В. Немцова и Е. А. Кузнецовой-Моревой представлены результаты исследования целесообразности такого применения на примере 51 научно-исследовательских институтов Минздрава РФ. Был сделан вывод, что индекс Хирша не может служить характеристикой качества научной работы институтов, поскольку отражает только высокоцитируемые публикации, которые составляют небольшую долю от общего количества, и, следовательно, нуждается в модифицировании [8].

Ю. Ю. Тарасевичем и Т. С. Шиняевой был проведен сравнительный анализ информации из базы данных Scopus о временной зависимости индекса Хирша и его модификации $h_5$(2015)-индекса. Обнаружено, что характер изменения со временем $h_5$(2015)-индекса близок к сигмоидальному. Авторами была предложена модель, описывающая динамику индекса Хирша, с использованием двух видов распределения числа статей по числу цитирований: распределения Лотки и геометрического распределения. По результатам исследования был сделан вывод, что оба модельных распределения приводят к качественно верной временной динамике индекса Хирша [9].

Другой взгляд на проблему применения индекса Хирша изложен в работе В. И. Левина. В статье приведена критическая оценка индекса Хирша и ряда других наукометрических показателей; проиллюстрирована крайне низкая эффективность применения данного индекса для оценки научной деятельности исследователей [10].

С. В. Марвиным предложен дробный аналог индекса Хирша, при вычислении которого следует использовать нормированную долевую цитируемость – новую величину, предложенную автором в данной работе; вычисление индекса продемонстрировано на конкретных примерах. В отличие от среднего числа цитирований, предложенная

величина учитывает количество авторов в публикациях. В статье также введено понятие нормированной долевой цитируемости, которая является отношением долевой цитируемости публикации к средней долевой цитируемости [11].

Таким образом, в разные годы учеными было предпринято множество попыток разработать более совершенный индекс оценки публикационной активности исследователей или выявить наиболее совершенный из уже существующих, однако данные вопросы до сих пор не решены, несмотря на большое количество проводимых исследований.

Отметим, что характеристика алгоритмов индексов, рассматриваемых в данной статье, с указанием использованных источников приведена в следующем разделе.

## *Методы исследования / Methods*

Под *алгоритмом индекса* в настоящей статье понимается последовательность действий исследователя, направленных на построение обобщенного показателя (индекса), одновременно характеризующего массивы или части массивов публикаций и их цитирований.

В работе проведен сравнительный анализ алгоритмов, лежащих в основе построения следующих 7 индексов оценки научной продуктивности:

1) *h*-индекс (индекс Хирша);
2) *g*-индекс (индекс Лео Эгга);
3) *j*-индекс (индекс Михайлова);
4) *gh*-индекс;
5) *hp*-индекс;
6) *ghp*-индекс;
7) *w*-индекс.

Индексы 4–6 разработаны автором статьи; подробное описание приводится в более ранних работах [12–14].

Кроме алгоритма формирования индекса Хирша, предметом анализа были выбраны только те алгоритмы, которые, как уже отмечалось, являются его идейным продолжением, но направлены на более полный учет числа публикаций и цитирований. Другими словами, это алгоритмы, которые идейно сохраняют на начальном этапе последовательность действий, используемых в алгоритме Хирша. Следует отметить, что существует ряд алгоритмов, которые описаны в работах [15–20]. Они направлены на устранение других недостатков индекса Хирша и его модификаций: неучет самоцитирования, количества соавторов и др. Целью настоящей статьи не является анализ алгоритмов данного типа.

Основным методом исследования является анализ; в ходе работы также применялись формально-логические методы, такие как синтез, классификация, дедукция, индукция.

**Описание алгоритмов индексов *h*, *g* и *j***

Подробное описание и геометрическая интерпретация индекса Хирша [21] представлены в статье автора [14]. В исследовании показано, что индекс Хирша эквивалентен площади квадрата, который содержит $h^2$ цитирований («квадрата Хирша»).

Развивая идею Хирша в направлении учета большего количества цитирований, многие ученые предложили свои варианты модификации *h*-индекса. Из их числа следует выделить *g*-индекс Лео Эгга [22] и *j*-индекс Михайлова [23]. Авторы данных индексов не смогли устранить в своих алгоритмах все недостатки *h*-индекса, однако сделали попытку учесть б*о*льшую часть цитирований значимых научных работ.

Индекс Лео Эгга, или *g*-индекс, является целочисленной величиной. Ученый имеет определенное значение *g* данного модифицированного индекса, если *g* из его статей цитируются минимум $g^2$ раз, в то время как остальные ($N – g$) статей цитируются не более чем $g^2$ раз каждая. Для любого ученого данное значение не может превысить значение *h*-индекса.

Геометрически *g*-индекс можно представить в виде прямоугольника шириной (в рамках интерпретации – основанием) *g* и длиной (высотой) $g^2$. Другими словами, *g*-индекс эквивалентен т. н. «прямоугольнику Эгга», который включает в себя $g^3$ цитирований.

О. В. Михайловым, в свою очередь, были представлены результаты исследования, показавшие, что значение *g*-индекса больше половины докторов наук, профессоров российских университетов не превышает 3 [23]. Согласно выводу автора, не имеет смысла вводить *g*-индекс для оценки научной деятельности в российских масштабах. Вместо этого О. В. Михайловым был предложен *j*-индекс, определяемый как наибольшее значение *j*, для которого *j* наиболее цитируемых работ конкретного автора в общей сложности цитируются минимум $j^{3/2}$ раз, а остальные – менее $j^{3/2}$ раз. Аналогично геометрической интерпретации индекса Хирша и индекса Лео Эгга, индекс Михайлова также можно представить в виде прямоугольника шириной (основанием) *j* и длиной (высотой) $j^{3/2}$. Таким образом, индекс *j* эквивалентен «прямоугольнику Михайлова» площадью $j^{5/2}$.

Описанная геометрическая интерпретация трех индексов представлена на рис. 1.

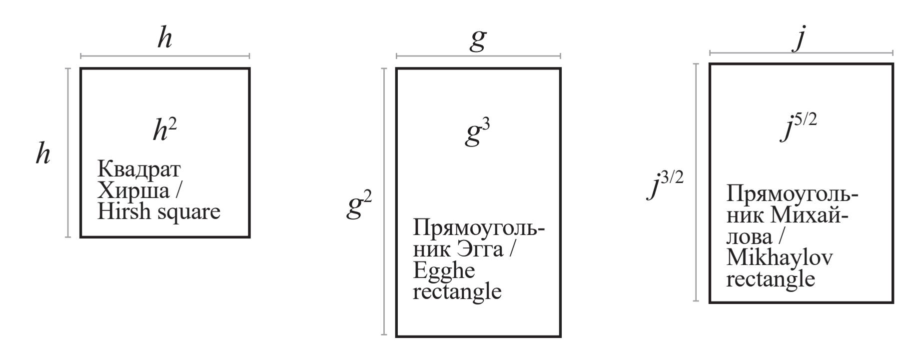



**Рисунок 1. Геометрическая интерпретация индексов *h*, *g* и *j***
**Figure 1. Geometric interpretations of the indexes *h*, *g* and *j***

Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

Очевидно, что справедливо следующее соотношение: $h \geq j \geq g$. Равенство индексов $h = j = g$ возможно только в том случае, если закон распределения цитирований от публикаций имеет следующий вид: $s_i > h^3$, $i = 1, 2, 3, \ldots h$ и $s_i \leq h$, $i = h + 1, h + 2, h + 3 \ldots N$; тогда будет справедливо следующее неравенство: $g^3 > j^{5/2} > h^2$.

**Описание алгоритмов индексов *gh*, *hp* и *ghp***

Данные модификации индекса Хирша были разработаны и предложены автором [12–14].

Для математического описания этих и других рассмотренных в статье индексов были введены обозначения основных показателей публикационной активности ученого: $N$ – количество статей; $i$ – порядковый номер $N$ расположенных в ряд публикаций в порядке невозрастания их цитирований. Если каждая $i$-я опубликованная работа имеет $s_i$ цитирований, то общее число цитирований ученого составит $S = \sum_{i=1}^{N} s_i$. Принятое расположение целесообразно называть структурированным рядом распределения цитирований. Изменение числа цитирований в зависимости от порядкового номера публикации следует рассматривать как дискретную функцию распределения цитирований, или закон распределения.

Перед введением модификации индекса целесообразно структурировать суммарное количество цитирований $S$, представив его в виде трех слагаемых. Первое слагаемое соответствует количеству цитирований согласно $h$-индексу, т. е. тех цитирований, которые входят в «квадрат Хирша» (рис. 2).

Второе слагаемое включает те цитирования, которые располагаются над «квадратом Хирша» (см. рис. 2), они обозначены через $g^2$ (здесь и далее: $g$ – авторское обозначение, не имеющее отношения к индексу Лео Эгга). Условно по аналогии с $h$-индексом, который соответствует «квадрату Хирша», имеет смысл полагать, что число $g^2$

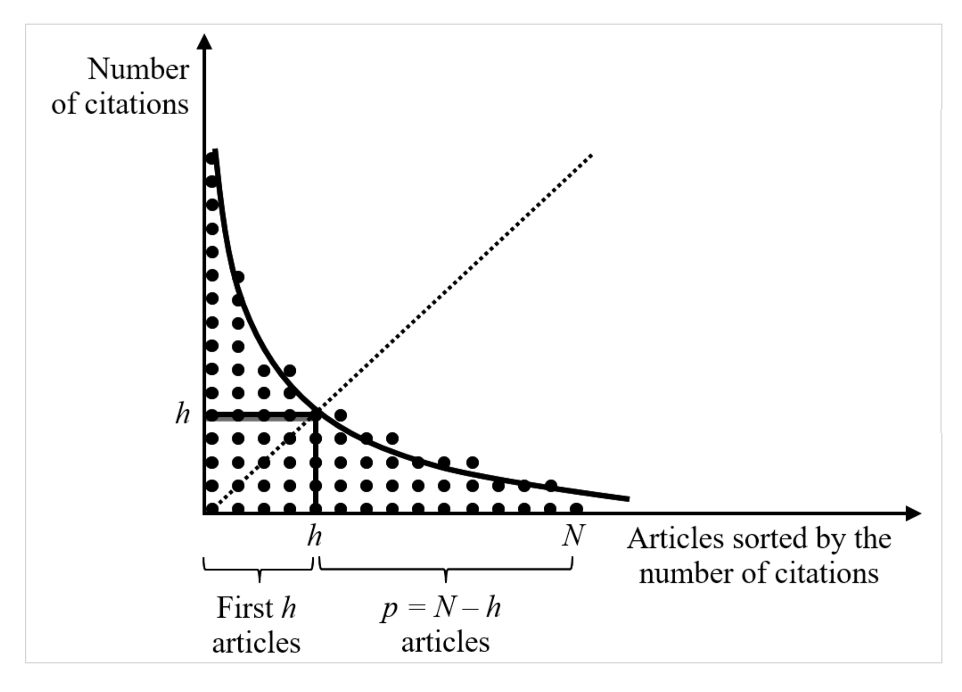



**Рисунок 2. Геометрическая интерпретация индекса Хирша**
Источник: [14].

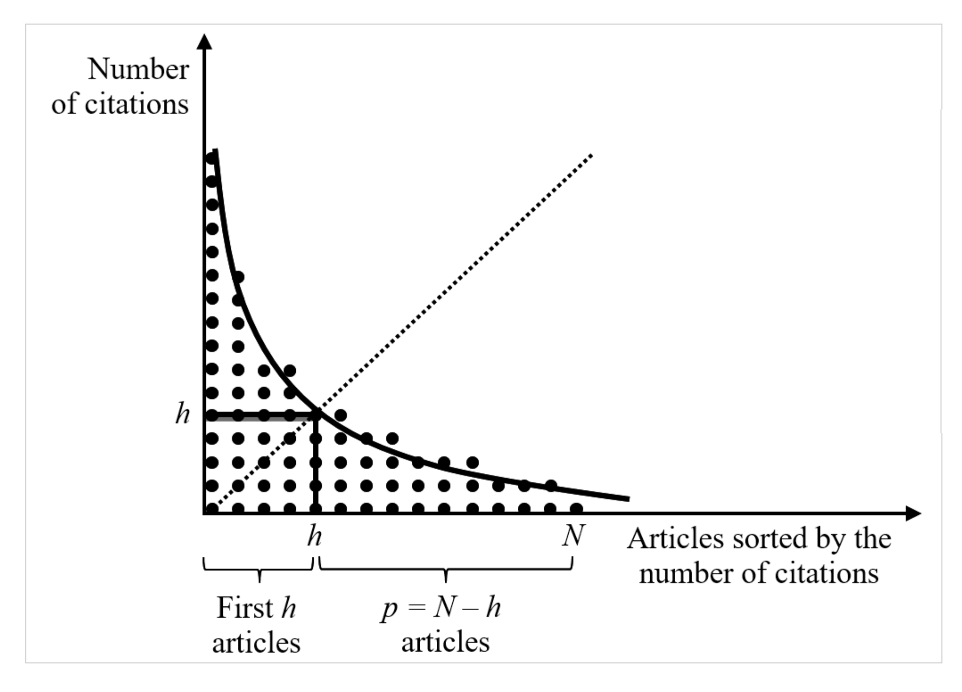



**Figure 2. Geometric interpretation of the *h*-index**
Source: [14].

формирует «квадрат значимости публикаций» со сторонами $\sqrt{g^2}$, или $g$, а следовательно, ввести $g$ – индекс значимости. Тогда $g^2 = \sum_{i=1}^{h} s_i - h^2$, а $g = \sqrt{\sum_{i=1}^{h} s_i - h^2}$.

Наконец, третье слагаемое включает те цитирования, которые не относятся к базовым публикациям, т. е. располагаются на схеме справа относительно «квадрата Хирша». Их число можно обозначить как $p^2$ и, соответственно, аналогично ввести $p$ – индекс интенсивности работы ученого. Тогда $p^2 = \sum_{\mathrm{h+1}}^{N} s_i$, а $p = \sqrt{\sum_{\mathrm{h+1}}^{N} s_i}$.

Таким образом, общее число цитирований записывается в следующем виде:

$$S = h^2 + g^2 + p^2,$$

где слагаемые суммы – количества цитирований, которые формируют индексы $h$, $g$, $p$ соответственно.

С учетом введенных индексов сформулировано следующее определение: модифицированный $gh$-индекс представляет собой евклидову норму вектора цитирования, компонентами которого являются $h$-индекс и $g$-индекс. Следовательно, $gh$-индекс численно равен $(h^2 + +g^2)^{1/2}$. Из определения $gh$-индекса следует, что у ученого учитываются все цитирования, которые будут формировать наибольший квадрат, длины сторон которого равны корню квадратному от общего числа цитирований базовых публикаций. Геометрическая интерпретация $gh$-индекса представляет собой длину диагонали прямоугольника со сторонами $g$ и $h$ (стороны «квадрата значимых публикаций» и «квадрата Хирша» соответственно). Другими словами, геометрически $gh$-индекс – вещественное положительное число, равное длине диагонали «прямоугольника значимых цитирований» (рис. 3).

Очевидно, что ученые с опубликованными выдающимися работами, т. е. работы с огромным количеством цитирований, согласно $gh$-индексу, должны занимать более высокий рейтинг в научном коллективе.

Что касается ученых, которые интенсивно работают над публикациями (имеют большое количество опубликованных работ), но не имеют значимого числа цитирований, то целесообразно проводить оценку их публикационной активности на более «низком» уровне – с помощью $hp$-индекса. Геометрически $hp$-индекс – вещественное положительное число, равное длине диагонали «прямоугольника интенсивности работы» со сторонами, равными сторонам «квадрата интенсивности работы» (включающего все цитирования внебазовых публикаций ученого) и «квадрата Хирша» (рис. 4).

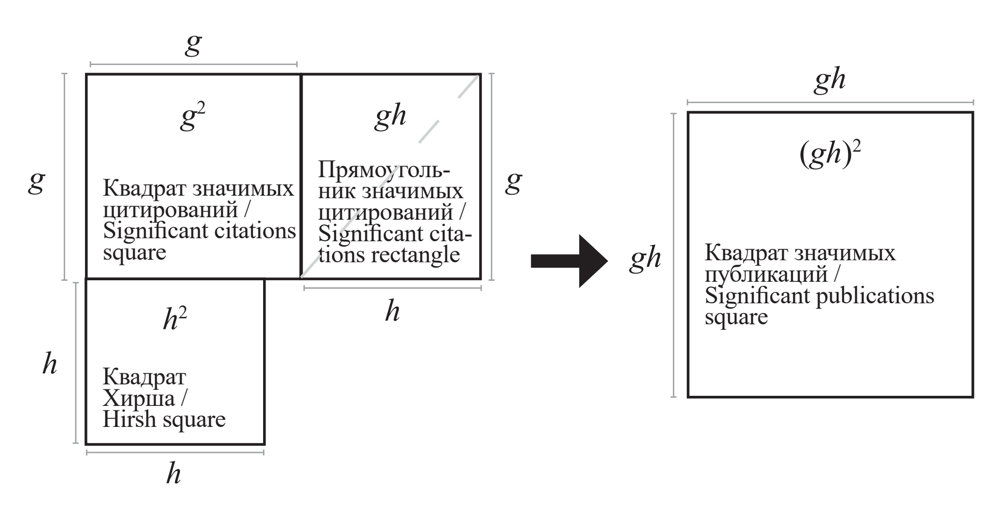



**Рисунок 3. Схема формирования *gh*-индекса**
**Figure 3. The diagram of how the *gh*-index is put together**

Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

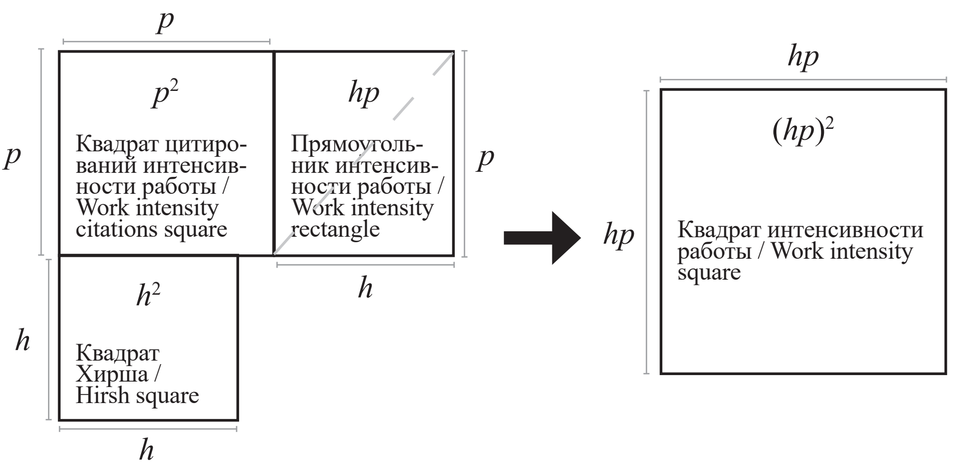



**Рисунок 4. Схема формирования *hp*-индекса**
**Figure 4. The diagram of how the *hp*-index is put together**

Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

Аналогично можно дать геометрическую интерпретацию комплексному *ghp*-индексу: его значение представляет собой вещественное положительное число, равное длине диагонали параллелепипеда цитирований, построенного на сторонах следующих квадратов: «квадрата Хирша», «квадрата значимых цитирований», «квадрата интенсивности работы».

Методически задача оценки публикационной активности ученого решается в три этапа.

На первом этапе проводится оценка индекса Хирша, затем выполняется структурирование общего объема цитирований всех проиндексированных работ авторов. В результате для каждого автора выделяется три подгруппы цитирований: $h^2$ – часть массива цитирований базовых публикаций, включенных в квадрат Хирша; $g^2$ – часть массива цитирований базовых публикаций, расположенных над квадратом Хирша, $p^2$ – часть массива цитирований внебазовых публикаций, расположенных справа от квадрата Хирша.

На втором этапе вычисляются индексы: $h = \sqrt{h^2}$; $g = \sqrt{g^2}$; $p = \sqrt{p^2}$.

На третьем этапе вычисляются следующие модифицированные индексы: $gh = \sqrt{g^2 + h^2}$; $hp = \sqrt{p^2 + h^2}$; $ghp = \sqrt{g^2 + p^2 + h^2}$.

**Описание алгоритма индекса *w***

Авторами [24] был предложен индекс *w*, позволяющий максимально полно учитывать количество цитирований всех работ ученого. В основе алгоритма лежит замена традиционного распределения на последовательное построение цепи «квадратов Хирша» и цитирований, расположенных над ними.

Алгоритм вычисления *w*-индекса заключается в суммировании индексов каждого звена цепи, т. е.

$$w = \sum_{i=1}^{n} w_i;$$

$$w_i = \frac{g_i^2 + h_i^2}{h_i},$$

где *w* – индекс индивидуальной оценки творческой деятельности ученого; $w_i$ – индекс индивидуальной оценки творческой деятельности ученого, вычисленный для *i*-го звена цепи; *n* – количество звеньев цепи; $h_i^2$ – количество цитирований, включенных в «квадрат Хирша» *i*-го звена цепи; $g_i^2$ – количество цитирований над «квадратом Хирша» *i*-го звена цепи; $h_i$ – количество публикаций, формирующих «квадрат Хирша» *i*-го звена цепи.

Тогда суммарное количество публикаций *N* и суммарное количество их цитирований *S* вычисляются по следующим формулам:

$$N = \sum_{i=1}^{n} h_i;$$

$$S = \sum_{i=1}^{n} h_i^2 + \sum_{i=1}^{n} g_i^2.$$

Для иллюстрации принципа вычисления *w*-индекса приведем пример построения цепи «квадратов Хирша» для публикационной активности гипотетического автора. Пусть количество публикаций и их цитирований представлено на рис. 2, тогда геометрическая интерпретация цепи звеньев для построения *w*-индекса будет выглядеть следующим образом (рис. 5).

Порядковый номер цитирований публикации / The serial number of the citations of a publication

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 11 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 7 | 7 | 7 | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | | | |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

Порядковый номер публикаций, расположенных по невозрастанию количества цитирований /
The serial number of publications arranged in a non-ascending order by the number of citations

**Рисунок 5. Пример построения цепи «квадратов Хирша»**
**Figure 5. An example of how to build a chain of *h*-index squares**

Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

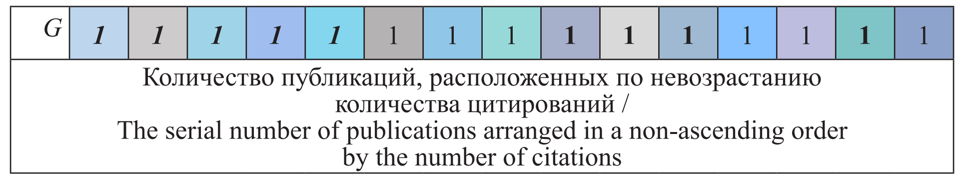
Данная схема содержит цепь из 5 «квадратов Хирша» со сторонами 5x5, 3x3, 3x3, 2x2, 1x1 и 1x1. Над тремя из них располагается следующее количество цитирований: над первым звеном – 21; над вторым – 4; над пятым – 1. Над тремя другими цитирования отсутствуют. Тогда для принятой схемы число цитирований $S = (25 + 21) + (9 + 4) + (9 + 0) + (4 + 0) + (1 + 1) + (1 + 0)$ будет равно 75, а величина индекса

$$w = \frac{25+21}{5} + \frac{9+4}{3} + \frac{9+0}{3} + \frac{4+0}{2} + \frac{1+1}{1} + \frac{1+0}{1} =$$
$$= 9,2 + 4,34 + 3,0 + 2 + 1 = 19,5.$$

Для выявления одного из главных недостатков рассматриваемого индекса ниже приводится расчет *w*-индекса для двух гипотетических авторов. В них каждый автор имеет одно количество публикаций, а именно 15, но каждая работа первого автора имеет количество цитирований, равное 3, а второго – 1. Цепи «квадратов Хирша» первого автора представлены на рис. 6, а второго – 7. На рис. 6–7 под *G* понимается порядковый номер цитирования публикации.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Количество публикаций, расположенных по невозрастанию количества цитирований / The serial number of publications arranged in a non-ascending order by the number of citations | | | | | | | | | | | | | | | |

**Рисунок 6. Схема построения цепи «квадратов Хирша» первого автора**
**Figure 6. The diagram of how to build a chain of *h*-index squares for the first author**
Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.



| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Количество публикаций, расположенных по невозрастанию количества цитирований / The serial number of publications arranged in a non-ascending order by the number of citations | | | | | | | | | | | | | | | |

**Рисунок 7. Схема построения цепи «квадратов Хирша» второго автора**
**Figure 7. The diagram of how to build a chain of *h*-index squares for the second author**
Источник: составлено автором.
Source: compiled by the author.

Тогда для первого автора

$$w=\frac{9+0}{3}+\frac{9+0}{3}+\frac{9+0}{3}+\frac{9+0}{3}+\frac{9+0}{3}=15,$$

а для второго

$$w=\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\ldots+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}+\frac{1+0}{1}=15.$$

Из вычислений видно, что поскольку индекс представляет собой сумму, то его величина может достигаться с помощью разных слагаемых. Следовательно, одно и то же значение индекса может быть получено для разных авторов за счет разных законов распределения цитирований, т. е. разного по значимости вклада в науку. Другими словами, данный алгоритм неоднозначен, в отличие от других, приведенных в статье.

## *Результаты и дискуссия / Results and Discussion*

Главная функция любого из описанных в статье индексов заключается в определении вклада ученого в науку на основе его публи-

кационной активности с целью рейтингования ученых той или иной группы в рамках научного сообщества. Задача любого алгоритма вычисления такого индекса состоит в совокупном описании количества публикаций ученого и их цитирований с помощью одного числа. Также на основе алгоритма и известного значения индекса должно быть возможным провести обратную операцию и с максимальной точностью определить количество научных работ, которые учитывались при вычислении индекса, и количество ссылок на эти работы.

Кроме приведенного в статье описания алгоритмов и иллюстрации процесса их построения, для проведения сравнительного анализа необходимо также определить показатели сравнения данных алгоритмов. Автором были выделены две группы таких показателей: **количественные** и **качественные**.

К количественным относятся:

1) доля цитирований, учитываемых при расчете, от общего количества цитирований всех публикаций ученого;

2) доля публикаций, учитываемых при расчете, от общего количества публикаций ученого.

Данные количественные показатели были выделены на том основании, что неоспоримым достоинством любого индекса является как можно более полный охват публикаций и цитирований из двумерного массива всех цитирований и всех работ ученого, поскольку качественное содержание публикаций индексами не характеризуется.

К качественным относятся:

1) простота вычисления (на примере расчетного выражения для количества цитирований);

2) особенности основы алгоритма, или степень использования в нем других алгоритмов (данный критерий необходим, поскольку применение того или иного алгоритма при вычислении логично привносит в «новый» алгоритм недостатки «старого»);

3) возможность дифференцированной оценки личного вклада ученого в науку с целью дальнейшего рейтингования ученых (например, внутри института или в рамках научного направления).

В качестве исходных данных для алгоритма выступают модели научных достижений ученого, представляемые в графическом или табличном виде в соответствии с законом распределения количества цитирований между пронумерованными публикациями. Сравнительный анализ на основе количественных показателей возможно осуществить только с использованием конкретных данных. Для этой цели было выбрано распределение, представленное на рис. 2 (в графическом виде) и рис. 5 (в табличном виде). В таблице приведены характеристики, которые выявлены (или рассчитаны на основе гипотетических данных, представленных на рис. 2 и рис. 5) исходя из определений алгоритмов и приведенных выше показателей сравнения.

Из таблицы видно, что алгоритм Хирша оставляет неизменным закон распределения цитирований по публикациям и выделяет неко-

**Таблица. Характеристики алгоритмов индекса Хирша и его модификаций, выявленные на основе количественных и качественных показателей сравнения**

**Characteristics of the *h*-index algorithms and their modifications identified on the basis of quantitative and qualitative comparison parameters**

| Индекс / Index | Сравнительные характеристики алгоритмов / Comparative characteristics of the algorithms | | | | | Значение индекса / The amount of the index |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Количественные / Quantitative | | Качественные / Qualitative | | | |
| | Доля учитываемых цитирований, % / The share of citations taken into account, % | Доля учитываемых публикаций, % / The share of publications taken into account, % | Основа алгоритма / The foundation of the algorithm | Простота вычисления* / The simplicity of calculation* | Возможность дифференцированной оценки вклада ученого** / The possibility of a differentiated assessment of the researcher's contribution** | |
| ***h*** | 33,3 | 33,3 | Алгоритм Хирша / The *h*-index algorithm | $h^2 = h \cdot h$ | – | 5 |
| ***g*** | 5,3 | 13,3 | | $g^3 = g \cdot g^2$ | – | 2 |
| ***j*** | 12,0 | 20,0 | | $j^{5/2} = j^{3/2} \cdot j$ | – | 4 |
| ***gh*** | 61,3 | 33,3 | Дифференцированный подход; алгоритм Хирша / The differentiated approach; the *h*-index algorithm | $(gh)^2 = g^2 + h^2$ | + | 6,78 |
| ***hp*** | 72,0 | 100 | | $(hp)^2 = p^2 + h^2$ | | 7,35 |
| ***ghp*** | 100 | 100 | | $(ghp)^2 = g^2 + h^2 + p^2$ | | 8,66 |
| ***w*** | 100 | 100 | Цепи «квадратов Хирша» / The *h*-index chains | $w = \sum_{i=1}^{n} w_i$; $w_i = \frac{g_i^2 + h_i^2}{h_i}$, | – | 19,2 |

* На примере расчетного выражения для количества цитирований. Левая часть выражений для индексов *gh*, *hp*, *ghp* представляет собой не квадрат произведения отдельных переменных (*g*, *h*, *p*), а обозначение величины «количество цитирований», или (в геометрической интерпретации) площадь соответствующего индексу квадрата / An example of a formula for the number of citations. The left part of the expressions for the indexes *gh*, *hp*, *ghp* is not a square of the production of separate variables (*g*, *h*, *p*) but simply an expression representing the number of citations or (in its geometric interpretation) the area of the rectangle corresponding to the index.

** Расшифровка результатов приведена в тексте под таблицей / The results are explained in the text under the table.

торую его часть в виде равных значений публикаций и цитирований (и, соответственно, равных долей от общего количества). Это является существенным недостатком данного индекса, поскольку учитываемые алгоритмом число публикаций $h$ и число цитирований $h^2$, как правило, не превышают общее число публикаций автора $N$ и суммарное число их цитирований $S$ соответственно. Второй существенный недостаток индекса заключается в равенстве его значений у автора с $S$ цитированиями каждой из $N$ работ и у автора, имеющего $N$ цитирований по каждой из $S$ публикаций. Особенно сильно данный недостаток может проявиться при малых значениях $N$ и больших $S$. В этом случае небольшое количество выдающихся работ одного ученого фактически приравнивается по значимости к большому количеству малозначимых публикаций другого.

Алгоритмы *g*-индекса и *j*-индекса вместо равных значений публикаций и цитирований в сохраняемом распределении принимают их в определенном соотношении, причем в сторону увеличения доли цитирования и уменьшения доли количества публикаций, по сравнению с алгоритмом Хирша.

Алгоритмы индексов *gh*, *hp*, *ghp*, предложенные автором настоящей статьи, основаны на учете базовых публикаций, которые выделяет алгоритм Хирша, но имеют ряд существенных отличий от данного алгоритма. Алгоритм *gh*-индекса учитывает все цитирования базовых публикаций, но при этом не сохраняет распределение цитирования относительно базовых публикаций, а перестраивает его: квадрат *gh*-индекса содержит все цитирования базовых публикаций. Алгоритм *hp*-индекса, в свою очередь, учитывает все цитирования небазовых публикаций. Алгоритм *ghp*-индекса является комплексным и объединяет две вышеназванные характеристики, учитывая весь объем цитирований и публикаций ученого.

Что касается *w*-индекса, то несмотря на то, что данный алгоритм также учитывает 100 % цитирований и публикаций, из рассмотренных примеров видно, что он является неоднозначным по отношению к результатам научной деятельности ученого. Алгоритму присущ «классический недостаток» алгоритма индекса Хирша, поскольку при одном и том же количестве публикаций, но разных величинах цитирований, может приводить к одному тому же значению индекса. Кроме того, при большом количестве малоцитируемых работ итогам вычисления может стать существенное значение индекса именно за счет их количества, авторы таких работ при формировании рейтинга в коллективе ученых могут занимать более высокие места, по сравнению с учеными – авторами выдающихся работ.

Из таблицы видно, что основой алгоритма, или базовым индексом, для всех рассмотренных индексов является индекс Хирша, и все анализируемые в статье алгоритмы в большей или меньшей степени обладают его достоинствами и недостатками.

Геометрическая интерпретация алгоритмов построения *g*- и *j*-индексов, как было показано ранее, представляет собой не квадрат, как у индекса Хирша, а прямоугольник с длиной (высотой), равной количеству цитирований, и шириной (основанием), равным числу публикаций. Прослеживается зависимость числа учитываемых при расчете публикаций от количества цитирований, а количества цитирований – от значения индекса. Следовательно, достоинства и недостатки алгоритма схожи с теми, которые отмечены у индекса Хирша.

Алгоритмы построения индексов *gh*, *hp* и *ghp* также сохраняют «идею Хирша», поскольку именно стороны квадратов данных индексов выступают показателями количества публикаций и количества цитирований. Отличие заключается в том, что *gh*-индекс формирует квадрат, площадь которого складывается из суммы двух площадей: «квадрата Хирша» и «квадрата значимых цитирований». В этом случае длины сторон квадрата *gh*-индекса равны обобщенным значениям количества публикаций и цитирований соответственно, а площадь включает 100 % цитирований базовых публикаций.

Индекс *hp* формирует квадрат, площадь которого также складывается из суммы двух площадей: «квадрата Хирша» и «квадрата интенсивности работы». В этом случае длины сторон квадрата *hp* равны обобщенным значениям количества публикаций и цитирований соответственно, но (в отличие от *gh*-индекса), для массива публикаций, характеризующих интенсивность работы автора. Таким образом, площадь данного квадрата равна количеству цитирований без учета «значимых» цитирований.

Единственным исключением является алгоритм *ghp*-индекса, поскольку в нем основа в виде алгоритма индекса Хирша сочетается с применением дифференцированного подхода. Как было сказано выше, данный индекс является комплексным, поэтому его площадь складывается из площадей трех квадратов и эквивалентна сумме всех цитирований всех публикаций ученого. Главное достоинство индекса состоит в возможности классифицировать все работы ученого на две категории (значимые публикаций и публикации – показатели интенсивности работы) и вместе с тем синтезировать данные показатели, приводя к комплексному результату. Таким образом, индекс сохраняет все достоинства индекса Хирша и, более того, исключает его недостатки.

Очевидно, что индекс Хирша является самым простым для определения; построение индексов *g*, *j* и *w* почти аналогично построению индекса Хирша. Несколько усложнены алгоритмы индексов *gh*, *hp* и особенно *ghp* (ввиду комплексности оценки), но они также не представляют серьезных трудностей при построении, поскольку элементы данных алгоритмов во многом схожи с алгоритмом индекса Хирша.

Дифференцированная оценка вклада в науку возможна только с помощью комплексного применения индексов *gh*, *hp* и *ghp*, поскольку они позволяют разделить исследуемый коллектив ученых на две группы: ученых, обладающих значимыми публикациями, и ученых, работа которых отличается высокой интенсивностью, но труды в настоящее время не обладают достаточной значимостью.

## *Заключение / Conclusion*

Анализ показал, что общей чертой всех рассмотренных алгоритмов является сохранение идеи Хирша. Принципиальное отличие между ними заключается в разных уровнях возможности учесть весь массив цитирований.

Установлено, что только алгоритмы *gh*-, *hp*- и *ghp*-индексов позволяют учесть при оценке весь массив публикаций автора. Что касается возможности дифференцированно оценивать публикации, то это доступно только алгоритму *ghp*-индекса. При этом *gh*-индекс целесообразно считать индексом базовых публикаций – он устанавливает значимость работ ученого, а *hp*-индекс полагать индексом внебазовых публикаций – его следует связывать с характеристикой интенсивности работы ученого. Что касается *ghp*-индекса, то к нему необходимо прибегать только в случае одновременного равенства *gh*- или *hp*-индексов у нескольких ученых при установлении рейтинга ученых в коллективе.

Один из недостатков индекса Хирша и его модификаций сводится к тому, что все они не дают полностью объективной картины достижений ученого, но продолжают использоваться в качестве одного из элементов экспертной оценки. Среди алгоритмов всех рассмотренных в статье индексов наиболее содержательно отражают научные достижения ученого алгоритмы *gh*-, *hp*- и *ghp*-индексов, но они несколько усложнены по сравнению с *h*, *g* и *j*-индексами.

## **Список использованных источников**

1. Galam S. Tailor based allocations for multiple authorship: a fractional *gh*-index // Scientometrics. 2011. Vol. 89, issue 1. P. 365–379. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-011-0447-1

2. Van Raan A. F. J. Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups // Scientometrics. 2006. Vol. 67, issue 3. P. 491–502. DOI: https://doi.org/10.1556/Scient.67.2006.3.10

3. Aliguliyev R., Adigozalova N. $H_t$-index and $A_t$-index for evaluating scientific performance of researchers // 13th IEEE International Conference

on Application of Information and Communication Technologies. 2019. P. 1–4. DOI: https://doi.org/10.1109/AICT47866.2019.8981764

4. Bornmann L., Mutz R., Daniel H.-D. Are there better indices for evaluation purposes than the *h* index? A comparison of nine different variants of the *h* index using data from biomedicine // Journal of the American Society for Information Science and Technology. 2008. Vol. 59, issue 5. P. 830–837. DOI: https://doi.org/10.1002/asi.20806

5. Kaptay G. The *k*-index is introduced to replace the *h*-index to evaluate better the scientific excellence of individuals // Heliyon. 2020. Vol. 6, issue 7. P. 1–9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04415

6. Schubert A., Schubert G. All along the *h*-index-related literature: a guided tour // Springer Handbook of Science and Technology Indicators. – 1st ed. / Ed. by W. Glänzel [at al.]. Springer; Cham, 2019. P. 301–334. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_12

7. Ayaz S., Masood N. Comparison of researchers' impact indices // PLoS ONE. 2020. Vol. 15, issue 5. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233765

8. Немцов А. В., Кузнецова-Морева Е. А. Индекс Хирша как объект исследования на материале научно-исследовательских институтов Минздрава РФ // Социальные аспекты здоровья населения. 2019. Т. 65, № 2. DOI: https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-2-10

9. Тарасевич Ю. Ю., Шиняева Т. С. Временная динамика индекса Хирша // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2016. Т. 9, № 1. С. 32–45. DOI: https://doi.org/10.14529/mmp160103

10. Левин В. И. Индекс Хирша и оценка вклада ученого в науку // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2016. № 4. С. 9–13. DOI: https://doi.org/10.20339/AM.04-16.009

11. Марвин С. В. Нормированная долевая цитируемость как универсальная характеристика научной публикации // Социология науки и технологий. 2016. Т. 7, № 1. С. 95–108. URL: http://sst.nw.ru/wp-content/uploads/2017/02/2016_god_1_vypusk.pdf (дата обращения: 23.04.2020).

12. Герасименко П. В. Модификация *h*-индекса Хирша // Вестник Приднестровского государственного университета. Серия: Физико-математические науки. 2019. № 3. С. 52–54. URL: http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Вестник_ПГУ_3-2019_compressed.pdf (дата обращения: 23.04.2020).

13. Герасименко П. В. Моделирование показателей результатов творческой деятельности ученого по его публикациям и их цитированиям // Автоматика на транспорте. 2019. Т. 5, № 4. С. 493–504. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-pokazateley-rezultatov-tvorcheskoy-deyatelnosti-uchenogo-po-ego-publikatsiyam-i-ih-tsitirovaniyam (дата обращения: 23.04.2020).

14. Герасименко П. В. Модификация индекса Хирша для дифференцированной оценки результатов творческой деятельности ученых // Управление наукой и наукометрия. 2020. Том 15, № 1. С. 55–71. URL: http://sie-journal.ru/assets/uploads/issues/2020/1(35)_03.pdf

15. Полянин А. Д. Недостатки индексов цитируемости и Хирша и использование других наукометрических показателей // Мат. моделир. и числ. методы. 2014. № 1. С. 131–144. URL: http://www.mathnet.ru/links/32a56352da5bf5b1c9791694a0321825/mmcm10.pdf (дата обращения: 23.04.2020).

16. Марвин С. В. Альтернативная дробная модификация индекса Хирша, учитывающая количество авторов цитируемых статей // Управление большими системами. 2015. № 56. С. 108–122. URL: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19922 (дата обращения: 23.04.2020).

17. Штовба С. Д., Штовба Е. В. Обзор наукометрических показателей для оценки публикационной деятельности ученого // Управление большими системами. 2013. № 44. С. 262–278. URL: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19062 (дата обращения: 23.04.2020).

18. Михайлов О. В. О возможной модификации индексов Хирша и Эгга с учетом соавторства // Социология науки и технологий. 2014. Т. 5, № 3. С. 48–56. URL: http://sst.nw.ru/wp-content/uploads/2017/02/2014_3-Sociology.pdf (дата обращения: 23.04.2020).

19. Цыганов А. В. Краткое описание наукометрических показателей, основанных на цитируемости // Управление большими системами. 2013. № 44. С. 248–261. URL: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19061 (дата обращения: 23.04.2020).

20. Guns R., Rousseau R. Real and rational variants of the *h*-index and the *g*-index // Journal of Informetrics. 2009. Vol. 3, issue 1. P. 64–71. DOI: https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.11.004

21. Hirsch J. An index to quantify an individual's scientific research output // Proc. Nat. Sci. 2005. Vol. 102, issue 46. P. 16569–16572. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102

22. Egghe L. Theory and practice of the *g*-index // Scientometrics. 2006. Vol. 69, no. 1. P. 131–152. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-006-0144-7

23. Михайлов О. В. Новая версия индекса Хирша – *j*-индекс // Вестник Российской академии наук. 2014. Т. 84, № 6. С. 532–535. DOI: https://doi.org/10.7868/S0869587314060085

24. Сапожников В. В., Сапожников В. В., Ефанов Д. В. Новый подход к расчету показателей деятельности ученых // Автоматика на транспорте. 2019. Т. 5, № 4. С. 505–514. URL: http://atjournal.ru/ru/Home/Download?path=articles%2F2019_Vol.5_No.4_7_Sapozhnikov.pdf

*Дата поступления: 04.05.2020*

## References

1. Galam S. Tailor Based Allocations for Multiple Authorship: A Fractional *gh*-Index. *Scientometrics.* 2011;89(1):365-379. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-011-0447-1

2. Van Raan AFJ. Comparison of the Hirsch-index with Standard Bibliometric Indicators and with Peer Judgment for 147 Chemistry Research Groups. *Scientometrics.* 2006;67(3):491-502. DOI: https://doi.org/10.1556/Scient.67.2006.3.10

3. Aliguliyev R, Adigozalova N. $H_t$-index and $A_t$-index for Evaluating Scientific Performance of Researchers. *13th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies.* 2019;1-4. DOI: https://doi.org/10.1109/AICT47866.2019.8981764

4. Bornmann L, Mutz R, Daniel H-D. Are There Better Indices for Evaluation Purposes than the *h* Index? A Comparison of Nine Different Variants of the *h* Index Using Data from Biomedicine. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2008;59(5):830-837. DOI: https://doi.org/10.1002/asi.20806

5. Kaptay G. The *k*-Index is Introduced to Replace the *h*-Index to Evaluate Better the Scientific Excellence of Individuals. *Heliyon.* 2020; 6(7):1-9. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04415

6. Schubert A, Schubert G. All Along the *h*-Index-Related Literature: A Guided Tour. *Springer Handbook of Science and Technology Indicators.* 2019;301-334. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_12

7. Ayaz S, Masood N. Comparison of Researchers' Impact Indices. *PLoS ONE.* 2020;5(5). DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233765

8. Nemtsov AV, Kuznektsova-Moreva EA. Hirsch Index as Object of Study Based on the Materials of Research Institutes of the Ministry of Health of the Russian Federation. *Social Aspects of Population Health*. 2019; 65(2). DOI: https://doi.org/10.21045/2071-5021-2019-65-2-10 (In Russ.)

9. Tarasevich YuYu, Shinyaeva TS. Temporal Dynamics of Hirsch Index. *Herald of Southern-Urals State University.* 2016;9(1):32-45. DOI: https://doi.org/10.14529/mmp160103 (In Russ.)

10. Levin VI. The *h*-index and assessment of the researcher's contribution to science. *Alma Mater (Herald of the Higher School).* 2016;4:9-13. DOI: https://doi.org/10.20339/AM.04-16.009 (In Russ.)

11. Marvin SV. Normalized Shared Citation as a Universal Characteristic of a Scientific Publication. *Sociology of Science and Technology.* 2016;7(1):95-108. Available at: http://sst.nw.ru/wp-content/uploads/2017/02/2016_god_1_vypusk.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

12. Gerasimenko PV. Modifications of Hirsch *h*-index. *Herald of Dniester State University. Series: Physics and Mathematics.* 2019;3:52-54. Available at: http://spsu.ru/images/files/science/vestnik/Вестник_ПГУ_3-2019_compressed.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

13. Gerasimenko PV. Simulation of Indicators of the Scientist's Creative Activity Results Based on Publications and their Quotes. *Automation in Transportation.* 2019;5(4):493-504. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-pokazateley-rezultatov-tvorcheskoy-deyatelnosti-uchenogo-po-ego-publikatsiyam-i-ih-tsitirovaniyam (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

14. Gerasimenko PV. Modifications of the *h*-Index for Differentiated Assessment of the Results of Scientists' Creative Activity. *Science Governance and Scientometrics.* 2020;15(1):55-71. URL: http://sie-journal.ru/assets/uploads/issues/2020/1(35)_03.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

15. Polyanin AD. Disadvantages of Citation Index and Hirsch and Using Other Scientometrics. *Mathematic Modelling and Quantitative Methods.* 2014;1:131-144. Available at: http://www.mathnet.ru/links/32a56352da5bf5b1c9791694a0321825/mmcm10.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

16. Marvin SV. Alternative Fractional Modification of Hirsch Index to Care for Authors' Count in Article Cited. *Large-Scale Systems Control*. 2015;56:108-122. Available at: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19922 (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

17. Shtovba SD, Shtovba EV. A Survey on Scientometric Indicators for Assessment of Researcher's Publication Activity. *Large-Scale Systems Control.* 2013;44:262-278. Available at: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19062 (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

18. Mikhailov OV. About of Possible Modification of Hirsch's and Egg's Indexes Taking Into Account the Co-Authorship. *Sociology of Science and Technology.* 2014;5(3):48-56. Available at: http://sst.nw.ru/wp-content/uploads/2017/02/2014_3-Sociology.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

19. Tsiganov AV. Brief Review of Main Scientometric Indices Based on Citations. *Large-Scale Systems Control.* 2013;44:248-261. Available at: http://ubs.mtas.ru/archive/search_results_new.php?publication_id=19061 (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

20. Guns R, Rousseau R. Real and Rational Variants of the *h*-Index and the *g*-Index. *Journal of Informetrics.* 2009;3(1):64-71. DOI: https://doi. org/10.1016/j.joi.2008.11.004

21. Hirsch J. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output. *Proc. Nat. Sci.* 2005;102(46):16569-16572. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102

22. Egghe L. Theory and Practice of the *g*-Index. *Scientometrics.* 2006; 69(1):131-152. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-006-0144-7

23. Mikhailov OV. A New Version of the Hirsh Index: The *j*-Index. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk.* 2014;84(6):532-535. DOI: https://doi.org/10.7868/S0869587314060085 (In Russ.)

24. Sapozhnikov VV, Sapozhnikov VV, Efanov DV. The New Approach for the Scientists Research Index. *Automation on Transport.* 2019;5(4):505-514. URL: http://atjournal.ru/ru/Home/Download?path=articles%2F2019_Vol.5_No.4_7_Sapozhnikov.pdf (accessed: 23.04.2020). (In Russ.)

*Submitted: 04.05.2020*

**Информация об авторе**

*Герасименко Петр Васильевич*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Экономика и менеджмент в строительстве», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 9), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7546-661X. Сфера научных интересов охватывает математику, механику упругих систем, применение математических методов в экономике, эконометрику, учебный процесс в школе и вузе.

**Information about the author**

*Petr V. Gerasimenko*, Dr.Sci. (Technical Sciences), Full Professor, Professor of the Economics and Management in Construction Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (9 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg 190031, Russia), ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7546-661X. His scientific interests cover mathematics, mechanics of elastic systems, application of mathematical methods in economics, econometrics, and the scientific process in schools and higher learning institutions.